# O TEORYI
# PRZYPŁYWU I ODPŁYWU MORZA

NAPISAŁ

KALIKST RUCIŃSKI.





POZNAŃ.
NAKŁADEM AUTORA.
CZCIONKAMI DRUKARNI I KSIĘGARNI ŚW. WOJCIECHA.
1912.

# O TEORYI PRZYPŁYWU I ODPŁYWU MORZA.

# O TEORYI
# PRZYPŁYWU I ODPŁYWU MORZA

NAPISAŁ

KALIKST RUCIŃSKI.





POZNAŃ.
NAKŁADEM AUTORA.
CZCIONKAMI DRUKARNI I KSIĘGARNI ŚW. WOJCIECHA.
1912.



Teorya przypływu i odpływu morza zajmowała mnie od dawna — a to z powodu, że jej dokładnie nie mogłem zrozumieć. — Sądziłem, że przez głębsze studya i lepsze zapoznanie się z prawami mechaniki ciał niebieskich zdobędę z czasem potrzebne do zrozumienia tej teoryi wiadomości. — Przeglądałem w tym celu rozmaite rozprawy i najnowsze dzieła traktujące o tym przedmiocie, lecz nie znalazłem nic, co by mi ułatwiło dokładne zrozumienie przyczyn przypływu. Przeciwnie, napotykałem na rozmaite sprzeczności tak w teoryach samych, jako też pomiędzy teoryami — a objawami samemi. — To spowodowało mnie do krytycznego badania teoryi ze względu na poszczególne objawy, występujące w czasie przypływu; wysnuwałem ztąd wnioski z uwzględnieniem najnowszych spostrzeżeń i doświadczeń, — i doszedłem do rezultatu, który różni się od dotychczasowej teoryi.

Czy rezultat ten jest dobry i czy rozwięzuje nierozstrzygnięte dotychczas zagadnienie, co do

istotnych przyczyn przypływu, — to wykażą dopiero dalsze badania i spostrzeżenia, podejmowane w wytkniętym kierunku.

Rezultat ten moich badań i wnioskowań przedłożyłem na posiedzeniu Towarzystwa Przyjaciół Nauk w Poznaniu w lipcu r. b. — i tu też wyrażono życzenie, abym spisał te moje zapatrywania i ogłosił je publicznie. Ogłaszając w druku niniejszą rozprawę czynię zadość temu życzeniu i nadmieniam, że bądźto dla poparcia, bądź też da przeciwstawienia moich zapatrywań i wniosków odnoszę się często w niniejszej rozprawie, pomijając inne dzieła:

a) do książki pod tytułem: George Howard Darwin, Professor an der Universität Cambridge, „Ebbe und Flut" sowie verwandte Erscheinungen im Sonnensystem. Wydanie niemieckie w Lipsku. Verlag v. Teubner, w roku 1902.

Dzieło to opracowane z wielką starannością zawiera rezultaty wszelkich dotychczasowych spostrzeżeń, badań i prac naukowych najznakomitszych uczonych od Newtona począwszy jak Dawida Bernoulli, Eulera, Maclaurina, Jezuity Cavaleri, Laplace, Lorda Kelwina, Robertsa, Bôrgena i t. d. — jest jednem słowem streszczeniem wszelkich zapatrywań

i teoryi w sprawie przypływu aż do najnowszych czasów.

b) do książki: Physische Meereskunde von Dr. Gerhard Schott, Abteilungs-Vorsteher der deutschen Seewarte in Hamburg. — Leipzig 1903 — w której zebrane są wszelkie spostrzeżenia co do ruchu wód na Oceanach.

Powołując się na te dzieła, przytaczam w odpowiednich miejscach ich Tytuły i Rozdziały.

We wrześniu 1912.

**Autor.**

Wszelkie zjawiska przyrody występujące na ziemi z siłą żywiołową, wobec której jest ludzkość zupełnie bezsilną, przypisywano od najdawniejszych czasów działaniu sił pozaziemskich, pochodzących od ciał widzianych na niebie. — Nie zastanawiając się na razie nad tem, czy i o ile zapatrywania te zgadzały się z rzeczywistością — (na te pytania dają bowiem pewne objaśnienia stale podejmowane badania naukowe) — przyznać trzeba, że były one naturalne i odpowiadały ówczesnemu pojmowaniu świata. Toż wedle pierwszych pojęć ziemia nasza znajdowała się w samym środku świata; — dla niej było stworzone słońce, które ją we dnie oświecało; — dla niej był księżyc i gwiazdy świecące w nocy. — Z po za ziemi, bo od słońca pochodziło światło, które budziło na ziemi życie; — od tego samego słońca pochodziło ciepło pielęgnujące to rozbudzone życie; — w nocy światło księżyca przyświecało podróżnym w ich drodze; — gwiazdy zaś, zdobiące w nocy niebo, mrugając uśmiechały się niejako do ludzi i zdawały się brać żywy udział w ich życiu. — Całe niebo widzialne czuwało nad ziemią i służyło jej; — ono otulało ziemię chmurami chroniąc ją przed palącemi promie-

niami słońca, — ono po upalnych dniach zsyłało ożywczy deszcz i chłód na rozpaloną ziemię, — ono też groziło niekiedy ziemi klęskami lub uprzedzało mieszkańców ziemi o grożących im niebezpieczeństwach, ukazując na swym firmamencie komety, światła o dziwnych kształtach i barwach, lub też zaciemniając słońce lub księżyc. — Słowem niebo było opiekunem i dobroczyńcą ziemi i zarazem niejako zwierciadłem przyszłości. — Wszystko co się działo na ziemi, było skutkiem działań ciał niebieskich, a zmiany pojawiające się na niebie uważano za zapowiedzie a zarazem i za przyczyny zmian na ziemi.

Najczęstsze zjawisko odmian księżyca, powtarzające się regularnie w pewnych odstępach czasu nie mogło także pozostawać bez wpływu na ziemię. Dopatrzono się wnet jednoczesności w odmianach księżyca a zmianach atmosferycznych na ziemi. — Jednoczesność zjawisk utożsamiano z przyczynowością; — a chociaż te dwa zjawiska albo się wyprzedzały wzajemnie lub opóźniały o kilka dni albo też chociaż często żadna zmiana — nieraz ku zmartwieniu rólników — w pogodzie mimo zmian księżyca nie następowała, mimo to przyznawano i przyznaje się i dziś jeszcze księżycowi wielki wpływ na atmosferę ziemską i wyczekuje się napewno zmiany pogody przy zmianie księżyca.

Czyżby istotnie był wpływ księżyca na naszą atmosferę tak potężny? — Czyżby rze-

czywiście odmiany księżyca t. j. te zjawiska optyczne jak pełnia, nów, jedna lub druga kwadra albo może też stanowisko księżyca względem ziemi miały wywoływać zmiany w naszej atmosferze?

Nauka w tym względzie nie wyrzekła jeszcze pewnego zdania; — a uczeni różnią się w swych zapatrywaniach. — Nietrafne zaś po większej części przepowiednie pogody naprzód na tygodnie, miesiące i lata świadczą o tem najlepiej, że znaczenie wpływu księżyca jest co najwyżej wątpliwe.

Podobne pytanie co do wpływu i działania księżyca na naszą ziemię nasuwa się mimo woli przy innem zjawisku przyrody na ziemi, powtarzającem się w równych odstępach czasu od najdawniejszych wieków — a prawdopodobnie od czasu ukształtowania się ziemi w tej formie, w jakiej ją dziś widzimy.

Zjawiskiem tem to przypływ i odpływ morza.

Dla nas mieszkańców stałego lądu, będących z dala od morza przypływ i odpływ nie mają żadnego praktycznego znaczenia; — nas może zjawisko to zajmować tylko pod względem teoretycznym. Wcale co innego jest wobec mieszkańców nadmorskich, — rybaków, — marynarzy. Dla nich ma przypływ i odpływ bardzo wielkie znaczenie praktyczne; — one to wyznaczają czas pracy w ich zajęciu codziennem, one wskazują, kiedy się od pracy

na wybrzeżu wstrzymać należy, — z niemi liczyć się muszą i do nich stosować we wszystkich swych zajęciach, jeżeli niechcą narażać na pewną zatratę swego mienia i życia. — Podług przypływu oznacza się czas do wypływania okrętów z portu — jak również do wpływania do portu; — do niego stosując się wypływają rybacy na połów ryb, a mieszkańcy nadbrzeżni dążą do swych prac na wybrzeżu.

Dla bezpieczeństwa więc marynarzy i nadbrzeżnych mieszkańców sporządzają się na podstawie stałych obserwacyi tabele — dla każdego portu osobne — podające każdego dnia godzinę rozpoczynającego się przypływu i długość jego trwania. —

Siła i wysokość przypływu na rozmaitych wybrzeżach i w rozmaitych czasach nie jest zawsze równa; przy wybrzeżach stromych w czasie przypływu podnosi się woda do trzech a nieraz do pięciu i wyżej metrów[1]) — na wybrzeżach zaś płaskich zalewa często bardzo dalekie i obszerne przestrzenie — i bywało że nieostrożnych lub nieświadomych zaskoczył przypływ tak nagle, iż ani myśleć nie mogli ani o ucieczce ani o ratunku.

Przypływ trwa zwykle 6 i $^1/_3$ godzin, po czem nastaje równie długo trwający odpływ; — następnie rozpoczyna się znowu przypływ

---

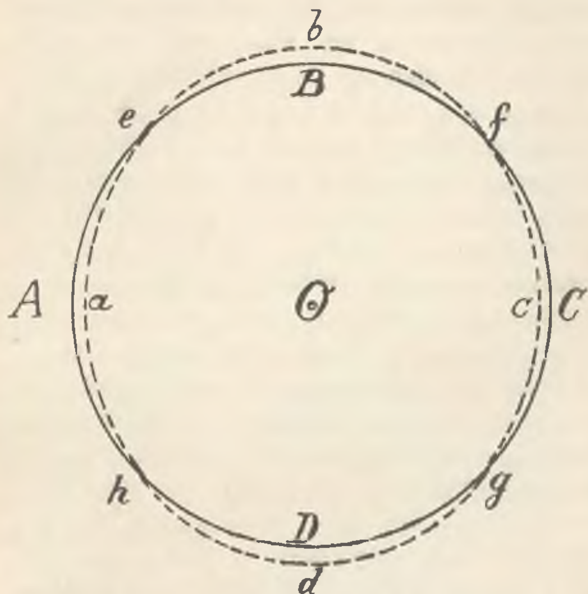
[1]) W kanale Bristolskim dochodzi w czasie przypływu woda do wysokości 12 m.; w zatoce St. Malo do 13 m.; przy Nowej Szkocyi i Nowym Brunświku nawet do 15 m. — Dr. Schott. Rozdział VII, § 24.

i tak dalej jak poprzednio. — W przeciągu więc 24 godzin i 50 minut powtarza się to dwa razy; — a ponieważ zauważono, że dzień księżycowy trwa także 24 godzin i 50 minut, t. j. że tyle właśnie czasu upływa od jednego przejścia księżyca przez południk aż do następnego i że zwykle księżyc znajdował się w zenicie, gdy powstawał przypływ, przeto naturalny wniosek, że księżyc wywołuje przypływ.

Tu znowu jednoczesność utożsamiono z przyczynowością, — w pojawieniu się księżyca w zenicie w chwili przypływu dopatrzono się przyczyny tegoż przypływu, — i ogólnem stało się to przekonanie, że wskutek działania księżyca powstaje przypływ. — To przekonanie utwierdziło się jeszcze i stało się teoryą mianowicie od czasu, gdy Newton odkrył prawo grawitacyi, istniejącej pomiędzy ciałami niebieskiemi. Podług tego prawa każde ciało niebieskie, czyli każda masa posiada siłę przyciągającą — i tą siłą przyciąga ku sobie każde inne ciało — każdą masę — skoro one się znajdą w obrębie działania tej siły. — Stosownie do tego prawa księżyc jako ciało niebieskie przyciąga ziemię nie tylko jako całość w punkcie jej ciężkości, ale także każdy jej punkt i to tem silniej, im bliżej księżyca się tenże punkt znajduje.

Aby w szczegółach poznać tę teoryę wystawmy sobie, że cała ziemia nie posiada na swej powierzchni wcale lądu, lecz że jest cała zalana morzem; — wtedy pod wpływem dzia-

łania księżyca przedstawi się przypływ i odpływ w następujący sposób.




Przyjmijmy że na rysunku wyżej umieszczonym koło opisane około punktu O przedstawia przecięcie ziemi w płaszczyźnie równika w chwili, gdy na ziemię działają siły grawitacyi pochodzące od księżyca znajdującego się w górze po nad punktem B. — Wskutek działania tych sił ta część powierzchni ziemi, — czyli te okolice morza, które są bezpośrednio pod księżycem a które o 850 mil bliżej się znajdują księżyca aniżeli środek ziemi, będą silniej przez księżyc przyciągane aniżeli środek czyli cała masa ziemi i dla tego też będą się podno-

siły stopniowo z obydwóch stron punktu B. do wysokości n. p. punktu **b**, który jako najbliższy księżyca najwyżej się też podniesie. Tym sposobem powstanie na przestrzeni eBf przypływ. — Okolice zaś po stronie odwróconej od księżyca t. j. hDg z najniższym punktem D są daleko słabiej przyciągane aniżeli punkt środkowy ziemi, czyli całe ciało ziemi z powodu ich większego (o 850 mil) oddalenia od środka ziemi. Skutkiem tego słabszego przyciągania ma wedle tejże teoryi powstawać na stronie odwróconej od księżyca także przypływ i to na tej zasadzie, że środek ziemi — a zatem całe ciało ziemi, bliższe księżyca i silniej przez niego przyciągane, podnosi się ku niemu, — powierzchnia zaś wodna, jako słabiej przyciągana, i nie mająca tej kohezyi — spoistości co ląd stały, odsadza się od ziemi jakoby chciała zatrzymać pierwotne swe miejsce w przestrzeni — a nie przy ziemi, do której należy. — Ponieważ zaś ilość wody znajdującej się na ziemi jest stała, przeto jednocześnie z przypływem wody około punktów B i D musi powstać ubytek wody około punktów A i C czyli odpływ, ponieważ od tych okolic, których księżyc ani silniej, ani słabiej nie przyciąga jak środek ziemi, woda odpływa, aby utworzyć około B i D przypływ.

Tu wypada nadmienić, że teorya ta ze względu na wyjaśnienie powstawania przypływu około punktu B — i odpływu około punktów A i C zdaje się na razie być jasną

i zrozumiałą; — uzasadnienie jednakże wedle tej teoryi przypływu około punktu D jest mniej zrozumiałe i wywołuje pewne wątpliwości.

Dziwnem się bowiem wydawać musi, że siła przyciągająca działa w tym razie niejako odpychająco, — mianowicie po stronie ziemi odwróconej od księżyca — i dla tego każdemu, który się nad uzasadnieniem tem głębiej zastanowi, podpadnie, że przy zastosowaniu prawa grawitacyi dla wyjaśnienia przypływu i odpływu morza miano jedynie księżyc i jego siłę przyciągania na uwadze a pominięto zupełnie najważniejszy czynnik, który tu główną rolę odgrywa t. j. ziemię i jej siłę przyciągania; — a przecież ziemia jako ciało niebieskie posiada także swe prawa, których nie pozwoli sobie ani odebrać — ani uszczuplić.

To zupełne pominięcie ziemi i jej sił właściwych przy uzasadnieniu przypływu i odpływu może nasunąć myśl, że teorya dotychczasowa o przyczynach przypływu może nie jest dość ścisłą i trafną, że jest raczej jednostronną, gdyż nie uwzględnia wszystkich czynników, które mogą wpłynąć na powstawanie przypływu.

Pomijając chwilowo tę myśl, którą się później szerzej rozprowadzi, powróćmy do ziemi, którąśmy sobie wyobrazili jako całą pokrytą morzem, i przystąpmy do dalszego objaśnienia teoryi przypływu.

Ponieważ w rzeczywistości powierzchnia ziemi tylko około w $^2/_3$ pokryta jest wodą a reszta jej stanowi ląd stały, tworzący twardą, skalistą skorupę, sięgającą do głębi ziemi, dla tego też skutki przyciągania księżyca nie są na lądzie widoczne — a pojawiają się jedynie na morzu — t. j. na wodzie nie mającej tej kohezyi — spoistości co ląd stały. Skoro bowiem księżyc wskutek obrotu ziemi stanie w zenicie nad wybrzeżem Oceanu, wtedy widocznem staje się przyciąganie, gdyż woda wznosi się do pewnej wysokości a wzniesienie to wody postępując równo z księżycem, przechodzi do przeciwległego brzegu Oceanu. —

Taką jest mniej więcej w ogólnych zarysach teorya przypływu i odpływu morza na zasadzie przyciągania księżyca.

Jeżeli zastanowimy się głębiej nad tą teoryą i zaczniemy rozważać, w jaki sposób wogóle uzasadnia się podług tejże teoryi poszczególne objawy przypływu i jakie skutki w danych razach mogłoby wywołać na ziemi samo przyciąganie ze strony księżyca, nasuną się nam pewne poważne wątpliwości, na wyjaśnienie których teorya ta okazuje się nie wystarczającą. —

a) Przedewszystkiem zauważyć należy, że i stały ląd jest pokryty często przedmiotami lekkiemi, znacznie lżejszemi od wody, pomiędzy któremi nie ma wcale kohezyi (spoistości) jak n. p. słomki, śmieci, pył, mgła i t. p., które za lada powiewem wiatru wznoszą się i ula-

tują w górę. — Dla czegoż więc księżyc, znajdując się w zenicie po nad niemi nie uwidocznia na nich swej siły przyciągającej? — Czyżby jedynie woda posiadać miała tę właściwość, iż może być przyciąganą przez księżyc? — To jest niezrozumiałe. — Siła grawitacyi działa bowiem — nie tak jak magnes jedynie na żelazo — lecz na każde jakiekolwiek ciało, które znajduje się w obrębie jej działania. —

b) Przypływ morza, jak wiadomo, pojawia się tylko na wielkich oceanach; — na morzach zaś mniejszych, otoczonych zewsząd lądem przypływu nie ma. — Mowa tu jedynie o przypływie i odpływie powtarzającym się regularnie co 6 i 1/5 godzin — a nie o przypływie przypadkowym, wywołanym siłą stałych i dłużej trwających wiatrów w pewnych porach roku, jak n. p. na Adryatyku wskutek wiatrów południowych lub na Bałtyku i t. d. —

Nawet na morzu Środziemnem, które wprawdzie połączone jest wązką tylko cieśniną z Oceanem nie można było mimo szczegółowych badań dopatrzeć się owego regularnego przypływu[1]). Wobec tego podpada znowu, że

---

[1]) Darwin X, str. 168. Morze środziemne wskutek bardzo wysuniętych lądów Sycylii i Tunisu można uważać za przedzielone na dwa wielkie zewsząd zamknięte morza. W części zachodniej dopatrzono się wprawdzie maleńkiego przyrostu wody wskutek dopływu przez Gibraltar z Oceanu Atlantyckiego — we wschodniej zaś części właściwego przypływu dotąd nie zauważono. Dr. Schott w Rozdz. VII, § 24, II, podaje,

na morzu niemieckiem przypływ nietylko się pojawia, ale że występuje nieraz z taką siłą, iż staje się niebezpiecznym dla okrętów w tym czasie tam płynących. — A przecież morze niemieckie zajmuje w kierunku od wschodu ku zachodowi zaledwie $^1/_6$tej przestrzeni, na jakiej rozlewa się morze Śródziemne. — Dla czegoż więc księżyc podnosząc wedle tej teoryi wody morza niemieckiego nie przyciąga wcale wód morza Śródziemnego? —

c) Teorya powiada dalej, że księżyc, skoro tylko pojawi się w zenicie nad wybrzeżem oceanu, przyciąga wodę i podnosi ją w kształcie pagórka, którego najwyższe wzniesienie znajduje się prosto pod księżycem. Ponieważ ziemia obracając się około swej osi przesuwa z wielką szybkością każdy punkt swej powierzchni ku wschodowi, pagórek zaś wody, wywołany przyciąganiem księżyca, pozostaje stale pod księżycem, przeto nam mieszkańcom ziemi wydawać się musi, że ów pagórek wody posuwa się z tą samą szybkością ku zachodowi. — Przypuśćmy więc, że pagórek ów wody powstał w tym czasie, gdy księżyc znajdował się nad równikiem. Wiadomo zaś, że każdy punkt równika okrąża ziemię w przeciągu 24 godzin, czyli że w przeciągu 24 godzin odbywa drogę 5400 mil naokoło ziemi, co czyni

---

że amplituda przypływu dochodzi w morzu Śródziemnem w zachodniej części ledwie do kilku centymetrów.

Tego więc za właściwy przypływ nie można uważać.

na godzinę 225 mil, — na minutę 3,75 mil — a na sekundę blizko 500 metrów — to jest mniej więcej szybkość wystrzelonej kuli armatniej. — A zatem dla nas mieszkańców ziemi pędziłby pagórek ten wody z szybkością kuli armatniej, przez ocean ku zachodowi. — Jakie skutki wywołałby bałwan tak ogromnych rozmiarów (o średnicy 90°) a pędzący z tą olbrzymią siłą przez ocean, — trudno sobie wyobrazić. To tylko pewne, że żaden, chociażby największy okręt nie utrzymałby się na powierzchni wobec takiego nawału wody — a żegluga stałaby się przez ocean wogóle niemożliwą. — Spustoszenie zaś wybrzeży, na któreby się co kilka godzin wylewał taki pagórek wody, pędzący z tak ogromną szybkością, byłoby straszliwe, gdyż żadna tama, żadna mola, ani mur, ani gmach będący na wybrzeżu nie ostałby się wobec takiej siły. — Tymczasem ani żeglarze nic nie wiedzą o takim bałwanie — ani też miasta nadbrzeżne i porty nie bywają zalewane i pustoszone przez tak olbrzymi bałwan. — Przeciwnie na otwartem morzu mimo rozmaitych różnic wysokości poziomu wody nie zauważono nigdy peryodycznie tak szybko pędzącego bałwanu, ani też dotychczas sprawdzić nie zdołano, czy istotnie tam się pojawia przypływ[1]).

d) Uprzytomnijmy sobie jeszcze raz tę chwilę, kiedy pod wpływem księżyca będącego

---

[1]) Dr. Schott. Rozdz. VII, § 23.

nad równikiem powstaje przypływ. Wtedy najwyższe wzniesienie tego pagórka wody będzie także na równiku, — a 45° od równika ku północy i ku południowi rozpoczynałoby się miejsce obniżonego poziomu wody, czyli odpływ, to znaczy, że wtedy w szerokościach geograficznych większych po nad 45° niebyłoby ani na północnej ani na południowej półkuli na Oceanach przypływu mimo stanowiska księżyca po nad ziemią w odpowiednich południkach.

Gdyby zaś księżyc w swej drodze około ziemi przeszedł po za równik, wtedy na tej półkuli, która niebyłaby bezpośrednio pod księżycem, daleko większe przestrzenie oceanów niemiałyby wcale przypływu.

Wiadomo bowiem, że ekliptyka słońca wynosi 23½°; księżyca zaś ekliptyka przewyższa poprzednią o 5,7° — a zatem płaszczyzna drogi księżyca odchylona jest od płaszczyzny równika prawie o 30° — czyli że księżyc w drodze swej około ziemi przechodząc po nad równikiem dochodzi już to na północnej — już to na południowej półkuli blizko do 30° geograficznej szerokości. — Gdy więc księżyc stanie nad 30tym stopniem n. p. południowej szerokości, i tam swą siłą przyciągającą utworzy pagórek przypływu, w takim razie wzniesienie się to wody ustaje w odległości 45° ku północy czyli pod 15tym stopniem północnej szerokości — dalej zaś ku północy nie byłoby przypływu, lecz raczej odpływ, któryby trwał

tak długo, dopókiby księżyc nie wrócił z za równika i nie przeszedł nad północną półkulę; — a to trwaćby mogło w danym razie około dwóch tygodni. W tym razie więc przez dwa tygodnie nie mogłoby być przypływu na Oceanach na przestrzeni od 15go stopnia szerokości geograficznej północnej aż do bieguna północnego. —

Wszystko to jednakże niezgadza się z rzeczywistością, gdyż przypływ i odpływ nieograniczają się na pewną tylko rozległość w kierunku północnym lub południowym, lecz objawiają się stale wzdłuż całych wybrzeży od północy do południa bez względu na to, nad którą półkulą znajduje się księżyc i powtarzają się regularnie dwa razy w przeciągu 24 godzin i 50 minut.

e) Teorya ta opierając się na Newtona prawie o grawitacyi ciał niebieskich powiada dalej, że księżyc swą siłą przyciąga ku sobie i podnosi od ziemi masy wód — jako też że przyciągając ku sobie całą masę ziemi sprawia, że wody na odwróconej od niego stronie ziemi wskutek słabszego przyciągania odsadzają się niejako od ziemi i tworzą także przypływ. —

Tu należy przypomnieć, że ziemia jest także ciałem niebieskiem, że ziemia posiada tak samo jak księżyc siłę przyciągania a nadto, że co do masy większą jest od księżyca i to około 80 razy, — dalej że posiadając odpowiednio do swej masy większą siłę przyciągania aniżeli księżyc nie może pozostawać bierną

wobec działania księżyca i że jeżeli księżyc przyciąga ziemię i poszczególne jej części, to ziemia tem silniej działa przyciągająco na swoje własne części, z których się składa. —

Prawo grawitacyi jest niewzruszone; na niem opierają się obliczenia ruchu ciał niebieskich; — opierając się na tem prawie obliczył Leverier istnienie najodleglejszego planety naszego systemu słonecznego, Neptuna i oznaczył jego miejsce tak dokładnie na niebie, iż na podstawie tychże wskazówek znalazł go prof. Galle teleskopem. — Prawo to jednakże, jak się zdaje, zostało tu tylko jednostronnie zastosowanem t. j. jedynie ze względu na działanie księżyca — a pominięto przytem zupełnie działanie przyciągające ziemi. —

Wedle tego prawa każde ciało, każda masa działa przyciągająco na każde inne ciało, które się znajduje w obrębie jej działania. Siła zaś przyciągania zwiększa się w miarę zwiększania się masy przyciągającej — a zmniejsza się w stosunku kwadratu oddalenia tegoż ciała od przyciągającej go masy. —

Aby prawo to wyrazić w formie rachunkowej, nazwijmy masę przyciągającą: M. oddalenie zaś punktu jakiegoś p, na który masa M. działa przyciągająco, oznaczmy przez d; — w takim razie formułka: $\frac{M}{d^2}$ będzie wyrażała siłę przyciągania masy M, wywieraną na jakiś punkt p, będący od niej w oddaleniu d.

Znając więc wielkość masy i odległość od

niej jakiegoś punktu łatwo z pomocą tej formułki obliczyć siłę, z jaką masa ta przyciąga dany punkt. —

W zastosowaniu tej formułki do teoryi przypływu przyjmijmy jakikolwiek punkt p na powierzchni ziemi i obliczmy siłę, z jaką ziemia na niego działa przyciągająco. Nazywając masę ziemi: Z a odległość punktu p od środka ziemi czyli jej punktu ciężkości: r (t. j. promień ziemi = 850 mil) będziemy mieli siłę przyciągania ziemi, wywieraną stale na ten punkt p, wyrażoną przez formułkę: $\frac{Z}{r^2}$; — podobnie też formułka $\frac{K}{d^2}$, gdzie K oznacza masę księżyca a d odległość przyjętego punktu na powierzchni ziemi od księżyca, będzie wyrażała siłę przyciągania księżyca wywieraną na tenże sam punkt. Wiadomo, że księżyc oddalony jest od ziemi o 60 promieni ziemi, czyli że w tym razie d = 60 r, zatem $\frac{K}{d^2} = \frac{K}{(60.\ r)^2}$

(Właściwie powinno być d = (60 — 1) r = 59 r; lecz różnica ta nieznaczna nie o wiele zmieniłaby ostateczny rezultat, dlatego ją się pomija.)

Porównując więc obydwie formułki siły przyciągania ze strony ziemi i ze strony księżyca, będziemy mieli:

| | dla ziemi — | dla księżyca |
|---|---|---|
| następujące wartości | $\frac{Z}{r^2}$ : | $\frac{K}{60^2\ r^2}$ |
| zamieniwszy te ułamki na równomianowne będziemy mieli | $\frac{60^2\ Z}{60^2\ r^2}$ : | $\frac{K}{60^2\ r^2}$ |

| | dla ziemi — dla księżyca |
|---|---|
| ich stosunek wyrażony przez liczniki a więc | $60^2 Z \quad : \quad K$; |
| a ponieważ masa ziemi przewyższa masę księżyca 80 razy zatem $Z = 80 K$ i przyjmując $K = 1$ będzie | $60^2 80 \quad : \quad 1$: |

czyli w słowach, jeżeli siłę przyciągania wywieraną przez księżyc na jakikolwiek punkt na powierzchni ziemi oznaczymy przez 1, to siła ziemi wywierana na ten sam punkt będzie wynosiła $60^2\ 80 =$ około 280000, to znaczy że ziemia przyciąga 280000 razy silniej aniżeli księżyc każdy punkt znajdujący się na jej powierzchni. —

Wobec tego trudno przypuścić, aby księżyc był w możności chociażby o jaką tysiączną część milimetra odciągnąć od ziemi lub podnieść jakikolwiek atom na jej powierzchni się znajdujący. —

f) W końcu jeszcze dodać wypada, że gdyby księżyc był istotnie w możności podnieść jakąkolwiek ilość wody do jakiejkolwiek wysokości, chociażby najnieznaczniejszej lub przyciągać jakikolwiek atom ziemi, w takim razie zbliżyłby je nieco do siebie a siła jego przyciągania, wywierana na nie, zwiększyłaby się w stosunku różnicy kwadratu oddalenia. — Rezultatem zaś tego byłoby powolne lecz stałe odrywanie cząstek ziemi i przenoszenie ich na księżyc. — Tymczasem i to się nie dzieje. —

g) Wszystkie powyższe wywody przemawiają przeciwko tej ogólnie przyjętej teoryi, wedle której przypływ i odpływ morza przy-

pisuje się bezpośrednio sile przyciągania księżyca. Jedynie tylko mogłaby przemawiać za tą teoryą sama jednoczesność obydwóch objawów t. j. wejście księżyca w zenit i powstanie przypływu, gdyby rzeczywiście istniała. — Lecz jednoczesność ta nie jest dość ścisłą, jakby to wynikać powinno z pojęcia o stale i nieprzerwanie działającej sile grawitacyi. Gdyby bowiem rzeczywiście razem z wstąpieniem księżyca w zenit powstawał przypływ, w takim razie sporządzanie osobnych tabel przypływu i odpływu morza byłoby zbyteczne, gdyż kalendarze księżycowe, oznaczające każdej chwili stanowisko i miejsce księżyca na niebie, wystarczałyby zupełnie dla oznaczenia czasu przypływu dla każdego portu i dla każdego wybrzeża.

Tymczasem w rzeczywistości przypływ nie powstaje wtenczas, gdy księżyc przechodzi przez południk tego samego miejsca, lecz znacznie później; — a czas, jaki upływa od przejścia księżyca przez południk aż do powstania przypływu, zmienia się i godzinę przypływu trzeba na każdy dzień i dla każdego portu osobno obliczać. Obliczenia tabel podających czas przypływu opierają się nie tyle na stanowisku księżyca względem ziemi, ile raczej na bardzo licznych i nieustannych obserwacyach samego przypływu[1]), — liczby zaś po-

---

[1]) Darwin, Rozd. XIII, str. 203—207 i Dr. Schott, Rozdz. VII, § 23.

dane w tych tabelach i oznaczające, ile godzin którego dnia po przejściu księżyca przez równik powstaje przypływ, wymagają niekiedy jeszcze rozmaitych uzupełnień przez dodanie lub odciągnięcie pewnych korektur.

Ponieważ najwyższy stan przypływu pojawia się niekiedy więcej niż 8 godzin po przejściu księżyca przez południk[1]), przeto z powodu takiego opóźnienia trudno było wytłomaczyć powstanie w tym razie przypływu na oceanie atlantyckim na zasadzie bezpośredniego działania księżyca; dlatego też nie odstępując od teoryi grawitacyi przyjęto w tym razie pośrednie działanie księżyca przypuszczając, że bałwan przypływu, wywołany grawitacyą księżyca na oceanie spokojnym i indyjskim, opływając południową Afrykę wpada od południa na ocean atlantycki i dążąc ku północnemu biegunowi wytwarza na tymże oceanie w miarę swego posuwania się ku północy coraz to później im bliżej bieguna przypływ na wybrzeżach[2]).

Ta okoliczność, że najwyższy stan wody przypływu pojawia się niekiedy 8 godzin po przejściu księżyca przez południk, t. j. w tym czasie kiedy księżyc odbywszy jedną trzecią część swej drogi dziennej około ziemi już dawno zniknął z widnokręgu, — i powoływanie się na pośrednie działanie księżyca dla wytłumaczenia przyczyn przypływu opóźnionego

---

[1]) Darwin, XIII, 206—207

[2]) Darwin, X, str. 170.

o 8 godzin, ponieważ tego bezpośredniem działaniem księżyca nie można było uzasadnić, — nie może bynajmniej przyczynić się do utwierdzenia teoryi upatrującej w grawitacyi księżyca przyczyn powstawania przypływu.

Z powyższych też wywodów wynika, że o jednoczesności obydwóch zjawisk w ścisłem tego słowa znaczeniu nie może być mowy, — gdyż ona wcale nie istnieje. —

Wprawdzie długość trwania przypływu i odpływu w porównaniu z czasem, jaki upływa od jednego przejścia księżyca przez południk od jednego przejścia księżyca przez południk wykazuje pewną zgodność co do czasu, gdyż dzień księżycowy trwa 24 godzin i 50 minut i w tym samym czasie przypływ i odpływ powtarzają się dwa razy; jednakże sama ta zgodność czasu, chociażby nasuwała tę myśl, że istnieje rzeczywiście jakiś wzajemny związek pomiędzy księżycem — a powstawaniem przypływu, nie może służyć za dowód, istnienia takiego związku; — gdyż może być też i przypadkową. —

Tu wypada przytoczyć co Darwin w swem dziele Rozdz. VIII, str. 145 na ten temat pisze:

„Wedle tej teoryi (t. j. grawitacyi) powinienby w czasie nowiu i pełni t. j. gdy księżyc i słońce wspólnie w jednej linii działają, najwyższy stan przypływu pojawiać się w południe albo o północy. Tymczasem obserwacye wykazują, że to się po większej części nie zdarza, i że rzeczywistość jest w sprzeczności

z teoryą". A dalej mówi: „Wynikiem powierzchownych obserwacyi jest ta reguła, że przypływ postępuje za biegiem księżyca i że najwyższy przypływ pojawia się zawsze po upływie pewnej ilości godzin od czasu przejścia księżyca przez południk. Reguła ta nie jest ścisłą i dokładną, — lepiej przecież że jest jakaś reguła, aniżeli gdyby jej nie było. Przyjmując bowiem, że w czasie nowiu i pełni t. j. w czasie „syzygii", gdy księżyc i słońce przechodzą jednocześnie przez ten sam południk, przypływ największy powstaje w 8 godzin po ich przejściu, należałoby więc wnosić, że następne przypływy będą się pojawiały także w 8 godzin po przejściu księżyca przez południk. W rzeczywistości jednakże tak się nie dzieje; — czas pomiędzy przejściem księżyca przez południk a pojawieniem się przypływu — jest zmienny a różnice czasu są nieraz tak wielkie, że niewiadomo w tym razie, w jaki sposób działaniu księżyca przypisywać powstanie przypływu. „Teorya więc równowagi przypływu okazuje się zupełnie fałszywą"[1]). Gdyż zdarza się, że w wielu okolicach powstaje wtenczas przypływ, gdy wedle teoryi powinienby nastąpić odpływ — i odwrotnie. Zdawaćby

---

[1]) „Hiernach ist die Gleichgewichtstheorie hinsichtlich der Hochwasserzeit beinahe so falsch, als möglich". Darwin, VIII, str. 146.

się więc mogło, jakoby księżyc nie przez przyciąganie wody, lecz raczej przez odpychanie wody wywoływał przypływ. Dla tego też nasuwa się pytanie, czy objawy te zgodne są i czy dadzą się pogodzić z teoryą grawitacyi?" —

Z tego wszystkiego wynika, że przyczyną przypływu i odpływu nie może być bezpośrednia siła grawitacyi, pochodząca od księżyca.

Również i siła grawitacyi pochodząca od słońca nie może z tych samych mniej więcej powodów co od księżyca być przyczyną przypływu. Stosunek wprawdzie siły przyciągania przez słońce jakiegokolwiek punktu na powierzchni ziemi do siły wywieranej na ten sam punkt przez ziemię jest — jak to z odpowiedniego obliczenia z uwzględnieniem masy słońca i jego oddalenia od ziemi się pokazuje, — znacznie dla słońca korzystniejszy, aniżeli to było przy księżycu. Podług obliczenia wypadłoby, że ziemia 1800 razy silniej przyciąga każdy punkt na swej powierzchni aniżeli słońce; tak że wedle tego obliczenia daleko prawdopodobniejszem mogło by być to przypuszczenie, że nie księżyc lecz słońce przez swą grawitacyą wywołuje przypływ; atoli przewyżka siły ziemi jest jeszcze tak znaczna, że niepodobieństwem jest, aby słońce mogło podnieść jakikolwiek atom na powierzchni ziemi. —

W przeciwnym bowiem razie niebyłaby się mogła swego czasu utworzyć ziemia —

a utworzona byłaby — cząstkami obrywana — już dawno zniknęła w słońcu. —

Powyższe zapatrywania i wysnuwane z nich wnioski znajdują też pewne potwierdzenie w dziele Darwina, który uznając że sama siła grawitacyi księżyca i słońca nie wystarcza do wyjaśnienia przyczyn przypływu, uwzględnia oprócz grawitacyi jeszcze siłę odśrodkową powstającą wskutek obiegania księżyca około ziemi i pisze w Rozdz. V. Wiadomo, że księżyc obchodząc około ziemi nie opisuje ściśle biorąc koła około punktu środkowego ziemi, lecz właściwie około wspólnego punktu ciężkości obydwóch ciał, który znajduje się wprawdzie jeszcze w obrębie ziemi, lecz nie we właściwym jej środku, tylko w pewnem oddaleniu od niego bliżej powierzchni ku stronie księżyca. Przy obrocie księżyca około ziemi należy rozróżnić dwie siły t. j. siłę grawitacyi przyciągającą obydwa ciała ku sobie — i siłę odśrodkową, zmierzającą do tego, aby księżyc oddalić od ziemi. Obydwie te siły działające w odwrotnych kierunkach równoważą się, o ile się ma na uwadze ziemię i księżyc jako dwie masy — jako dwie całości. Ponieważ zaś obydwie te siły nie tylko na całą masę ziemi, ale także na każdą jej cząstkę działają i to w różnym stopniu stosownie do tego, jakie miejsce ona względem księżyca zajmuje, przeto łatwo zrozumieć, że dla tych części ziemi, które będą bezpośrednio pod księżycem t. j. najwięcej do niego zbliżone, siły te dwie nie będą w równowadze, i siła gra-

witacyi będzie przewyższała siłę odśrodkową. — Przeciwnie dla cząstek ziemi na stronie odwróconej od księżyca będzie siła odśrodkowa przewyższała grawitacyą — a zatem i tu nie będą obydwie siły w równowadze.

Obydwie te przewyżki sił, co do wartości prawie sobie równe lecz w działaniu względnie przeciwne, oblicza Darwin na $\frac{2}{60^3}$ przyjmując odległość księżyca od ziemi równą 60 promieni ziemi[1]), i upatruje w nich zwłaszcza, że działają w kierunku względnie przeciwnym, przyczyny przypływu i nazywa je (die fluterzeugenden Kräfte) siłami wywołującemi przypływ.

Trudnem zaiste do zrozumienia jest to uzasadnienie przyczyn przypływu; i to też odczuwał, jak widać, sam Darwin, gdyż dodaje jeszcze dla objaśnienia następującą uwagę (Darwin V, str. 91).

Gdyby na każdy punkt, na każdą cząsteczkę ziemi i oceanów działały siły równe i równoległe, wtedy cały system poruszałby się równomiernie a morza byłyby w równowadze i nieulegałyby poruszeniom ku lądowi. Jeżeli zaś siły te nie są zupełnie równe i dokładnie równoległe, w takim razie nierówność ich działania wywołuje w morzu pewne poruszenia w kierunku stałego lądu. Tę nierówność

[1]) W przeciwstawieniu do siły grawitacyi $\frac{1}{60^2}$ Darwin, Rozdz. V, str. 88.

sił działających albo raczej tę przewyżkę sił wynikającą z nierównego ich działania nazywa Darwin siłą wywołującą przypływ.

Takie ogólnikowe określenie sił wywołujących stale i nieustannie powtarzający się przypływ nie wystarcza do zupełnego zrozumienia przyczyn przypływu i do wyjaśnienia wszelkich przytem występujących objawów.

Jeżeli bowiem wskutek działania grawitacyi i siły odśrodkowej powstaje na powierzchni ziemi zwróconej do księżyca przewyżka grawitacyi nad siłą odśrodkową — a na powierzchni odwróconej od księżyca przewyżka siły odśrodkowej nad grawitacyą, w takim razie obydwie te przewyżki sił wywoływałyby przypływ w kształcie pagórka wody, a to jak to wyżej wykazano, niezgadza się z rzeczywistością.

Sprawa więc przyczyn przypływu dotychczas nie wyjaśniona. — Pytanie, w jaki sposób uzasadnić powstawanie przypływu na stronie odwróconej od księżyca, jeszcze nie załatwione, a wszelkie usiłowania, aby uzasadnić ten objaw z pomocą teoryi grawitacyi nie doprowadziły do zadawalającego rezultatu. Powodem zaś tego, iż rzeczywistych przyczyn przypływu dotychczas nie odkryto, jest prawdopodobnie ta okoliczność, iż przy wszelkich powyżej przedstawionych kombinacyach pominięto zupełnie prawa i siły ziemi jako ciała niebieskiego. —

Prócz księżyca i słońca, — jednego, które-

muby z powodu jego blizkiego sąsiedztwa, — a drugiego, któremuby z powodu jego olbrzymiej wielkości i centralnego stanowiska w naszym systemie można było przypisać siłę wywołującą przypływ, nie znajduje się w tym wszechświecie żadne inne ciało niebieskie, któreby wpływ większy mogło wywierać na naszą ziemię. — Ztąd wynikałby wniosek, że siła wywołująca przypływ nie pochodzi z poza ziemi. —

Tu stajemy wobec nowego zagadnienia. — Przypływ jest, — istnieje — i powtarza się regularnie; — przyjmując, że pozaziemskie siły go niewywołują — a więc przypuścić należy, że na ziemi samej istnieją — albo raczej że na ziemi samej powstają i wytwarzają się te siły, które przypływ wywołują. —

Pragnąc zagadnienie to rozwiązać zastanawiałem się nad wszelkiemi możliwemi przyczynami, które wywołują ruch wody na oceanach i morzach. Do takich przyczyn należą przedewszystkiem wiatry. — Stałe wiatry trwające niekiedy kilka lub kilkadziesiąt dni pędzą wprawdzie wodę w tym samym kierunku, w jakim dmą, podnoszą przytem na wybrzeżach jej poziom na kilka metrów, lecz utrzymują stale jej wyższy poziom tak długo, dopóki trwają i wytwarzają rodzaj przypływu, który opada, skoro wiatry ustają.

A więc stałych wiatrów nie można uważać za przyczynę owego regularnego przypływu

i odpływu powtarzającego się dwa razy w 24 godzinach.

Również i w gwałtownych orkanach i w trąbach powietrznych i t. p., które wzburzają także morza i wywołują bałwany znacznej wielkości, nie można także dopatrzeć się przyczyn przypływu, gdyż i te nie są stałe, lecz trwają zwykle tylko kilka lub kilkanaście godzin — a potem ustają.

Okropne takie wzburzenia na morzu wywołują podmorskie trzęsienia ziemi i wybuchy wulkaniczne podmorskie, wytwarzające niekiedy tak olbrzymich rozmiarów bałwany, że te rzucając się na wybrzeże niszczą całe miasta. Lecz i te zjawiska są tylko chwilowe i dlatego niemożna im przypisywać żadnego wpływu na powstawanie przypływu. —

Zastanawiałem się więc dalej nad tem zagadnieniem i zbierałem rozmaite spostrzeżenia a opierając się na najnowszych rezultatach badań naukowych wysnuwałem wnioski, któreby mogły doprowadzić do rozwiązania zagadnienia.

Tu pozwolę sobie przedstawić bieg myśli i spostrzeżeń, z których wysnuwałem dalsze wnioski. —

Bawiąc nad morzem przyglądałem się niezmiernej przestrzeni wód; pogoda była piękna, w powietrzu spokój; żadnego powiewu wiatru, chorągiewki na masztach łódek nad brzegiem będących zwieszone nie poruszały się wcale; — powierzchnia morza gładka; — a jednak

przy samym brzegu bałwany — nie wielkie wprawdzie, powstawały nieustannie i uderzając raz po raz o brzeg rozlewały się szeroko na płaskiem wybrzeżu ku wielkiej radości dzieci, brodzących w nich boso i zbierających muszelki. — Dziwiło mnie to, dla czego przy tak nadzwyczajnie spokojnem i gładkiem morzu na samem wybrzeżu nieustannie tworzyły się bałwanki. — Pytałem o przyczynę tego zjawiska, lecz wyjaśnienia nie otrzymałem. — Pewnego dnia wśród takich samych okoliczności spostrzegłem na dalekim widnokręgu wielki parowiec płynący równolegle z wybrzeżem; — przyglądałem mu się czas jakiś, dopóki nie zniknął mi z oczu. — Już o nim zapomniałem, gdy w tem wesoły krzyk dzieci brodzących po wybrzeżu zwrócił mi uwagę na to, że te dotychczas małe bałwanki zamieniły się naraz na daleko większe, które uderzając o brzeg rozlewały się o kilka metrów dalej na brzegu, aniżeli to było przedtem. — Po niejakim czasie zniknęły znowu te większe bałwany i pozostały znowu dawniejsze małe. — Nie widząc żadnej wyraźnej przyczyny powstania nagle tych większych bałwanów wpadłem na myśl, czy też przypadkiem ów parowiec przejeżdżający prójąc i rozpierając na obydwie strony fale wód nie wywołał owych większych bałwanów? Płynąc bowiem ów parowiec wywierał swemi bokami pewne parcie na fale wód w kierunku prostopadłym do swego biegu a siła tego parcia przenikając całą masę wód objawiła się

prawdopodobnie dopiero na granicy tych wód t. j. na wybrzeżu. —

Myśl ta i śmiałe to przypuszczenie nabierają więcej prawdopodobieństwa wobec innego spostrzeżenia, zauważonego i opisanego około roku 1870 przez geologa i profesora przy uniwersytecie w Sant Jago w Chili p. Domejkę.

W Kordylierach w Chili znajdowały się pomiędzy wielu innemi dwie graniczące z sobą kopalnie srebra, należące do dwóch właścicieli; jedna z nich obfitująca w srebro — druga zawierająca srebra bardzo mało. Właściciel ostatniej wszczął spór ze swym sąsiadem o granicę i wytoczył skargę przed sądem. Dla rozstrzygnięcia sporu wezwano p. Domejkę, aby na miejscu zbadał i oznaczył dokładnie granicę. W tym celu udał się p. Domejko do tych kopalni i w głębokości 100 metrów pod ziemią był właśnie zajęty zapisywaniem pomiarów i odczytywaniem ich na teodolicie, gdy nagle jeden z jego pomocników, krajowców, którzy mu świecami świecili przy jego pracy, z przerażeniem zawołał: „tremolo — moto terrae". Zdziwiony profesor, który ani sam nie uczuwał żadnego wstrząśnienia, ani też go nie zauważył przy teodolicie, zapytał o powód tego przerażenia. Przewodnicy wskazali na drgający płomień świecy twierdząc, że to jest najpewniejszym znakiem trzęsienia ziemi. P. Domejko zapisał sobie dokładnie czas t. j. godzinę i minutę tego spostrzeżenia swych pomocników a nie doznając żadnego wstrząśnienia pracował

dalej, dopóki nie ukończył swych pomiarów. — Dopiero wieczorem wydostawszy się na powierzchnię ziemi dowiedział się, że istotnie w tym czasie, który był sobie zapisał w głębi kopalni, było na powierzchni ziemi trzęsienie, i widział spustoszenia, które ono wywołało. — Zarazem dowiedział się od tamtejszych górników, iż to jest rzeczą ogólnie wiadomą, że w głębi kopalni nie odczuwa się trzęsienia ziemi i że górnicy w czasie trzęsienia ziemi są najbezpieczniejsi w kopalni i jedynie lękają się, aby wskutek trzęsienia pojawiającego się tylko na powierzchni ziemi nie został zasypany ziemią i gruzami wchód do kopalni, gdyż to groziłoby im wielkiem niebezpieczeństwem i mogłoby im odciąć powrót z pod ziemi. —

Dziwne te spostrzeżenia znajdują wyjaśnienie i potwierdzenie w eksperymencie, zwykle pokazywanym w gabinetach fizykalnych a wogóle znanym. Gdy bowiem zawiesi się na odpowiednim statywie na nitkach kilka t. j. 6 do 8 kul bilardowych tak obok siebie w prostej linii, aby się powierzchniami swemi lekko dotykały i gdy się jednę z nich skrajną odsunie nieco od drugich i puści, wtedy ona uderzy o swą najbliższą, lecz nie poruszy jej, ani nawet następnej i t. d. a dopiero ostatnia kula t. j. skrajna z drugiej strony odskoczy sama jedna równie daleko, jak pierwsza była oddalona, gdy ją poruszono. To samo powtórzy się, gdy dwie skrajne kule z jednej strony odciągniemy od pozostałych i je puścimy, wtedy żadna z kul

swobodnie wiszących nie poruszy się, tylko dopiero dwie ostatnie, skrajne z drugiej strony odskoczą równie daleko, jak pierwsze dwie były odciągnięte. —

Z tych spostrzeżeń i doświadczeń wynika ta zasada: że siła działająca na masę jakąkolwiek, jeżeli nie jest tak wielką, aby mogła masę tę z miejsca usunąć lub rozbić, wnika w tę masę i nie wstrząsając jej przechodzi przez nią w tym kierunku, w jakim działa i objawia swe skutki działania dopiero na powierzchni przeciwległej strony tej samej masy. —

To uwidocznia się przy opisanym eksperymencie z kulami, które zawieszone w prostym rzędzie dla tego, że się dotykały stanowiły jednę masę, jako też przy wspomnianem spostrzeżeniu w głębi kopalni w czasie trzęsienia ziemi, jak również w powstaniu nagle większych bałwanów na wybrzeżu wskutek wywieranego parcia przez przejeżdżający parowiec.

Dla objaśnienia ostatniego objawu co do powstawania bałwanów dodać należy, że siła wywołana parciem boków parowca przenikając całą masę wód napotyka pod powierzchnią na pochyłe brzegi lądu i uderzając o nie rozkłada się podług równoległoboku sił na siłę prostopadłą do brzegu, która ginie — i na równoległą do pochyłości brzegu, która działa ku powierzchni i wywołuje bałwany.

Ta zasada ułatwiła poniekąd szukanie przyczyn przypływu t. j. sił, które go wywołują,

wskazując na to, że sił takich należy szukać w morzu samem.

Wiadomo ogólnie, że woda wskutek działania gorących promieni słońca zamienia się w parę, którą ciepłe powietrze w siebie wchłania. Najsilniejsze parowanie wody odbywa się w najgorętszych okolicach ziemi — a zatem koło równika t. j. pomiędzy obydwoma zwrotnikami. Tam woda zamieniona w parę i wchłonięta przez gorące powietrze unosi się wraz z tem powietrzem w górę i ztąd rozchodzi się ku obydwom biegunom. W miarę oziębienia się tego powietrza bądźto przez górne sfery, bądź też przez chłód na ziemi zwiększający się ku obydwom biegunom wchłonięta woda wydziela się z powietrza zrazu w atomach pary jako mgła, później jako chmury i w końcu opada na ziemię jako rosa, deszcz, grad, śnieg. — To dzieje się nieustannie na około całej ziemi, gdyż słońce nieustannie działa swemi gorącemi promieniami kolejno na każdy punkt powierzchni ziemi w przeciągu 24 godzin. —

Jak wielką ilość wody słońce zamienia w parę w przeciągu godziny lub w przeciągu 24 godzin na około całej ziemi, niepodobno oznaczyć, to tylko pewna, że ilość ta wody jest bardzo znaczną. Pewne pojęcie o tej ilości wody możemy sobie wytworzyć, jeżeli uprzytomnimy sobie, ile to wody w ciągu roku opada na ląd stały n. p. w Europie i na północ aż do bieguna jako deszcz, ulewy, t. zw. zarwanie się chmur, zalewające całe okolice,

jako śnieg, grad i wszelkie inne opady; a dalej ile to wody płynie wszystkiemi rzekami do morza, a woda ta w rzekach pochodzi tylko z opadów; — a wszystko to jest małą tylko częścią wszystkich opadów na całej półkuli t. j. na lądzie i morzu. — Prawdopodobnie taka sama ilość wyparowanej wody przenosi się w powietrzu także i na południową półkulę po za zwrotnik i tam w ten sam sposób opada jak wyżej zaznaczono. —

Przez nieustanne parowanie wody morskiej w okolicach gorących powstaje tam stale pewien ubytek wody; — przez opady zaś stale powtarzające się w okolicach pozazwrotnikowych aż do obydwóch biegunów przybywa tam wody. — Ztąd powstaje nierównowaga w poziomie wody z uwzględnieniem kulistości ziemi; — a różnica poziomu wody jest blisko dwa razy większa jak ubytek wywołany parowaniem; gdyż ta ilość wody, która ubywa między zwrotnikami, albo raczej w gorącej sferze, przybywa jednocześnie w sferach umiarkowanych i zimnych. Wedle praw hydrostatyki poziomy nierówne wód wyrównują się przez to, że z poziomu wyższego spływa woda ku niższemu. Ztąd wynika wniosek, że woda z wyższego poziomu t. j. z okolic zimnych i umiarkowanych powinna spływać ku równikowi na obydwóch półkulach.

Wniosek ten znajduje też potwierdzenie w rzeczywistości. Badania bowiem stosunków morskich, rozszerzone w ostatnich czasach na

wszystkie oceany i morza wykazują, że rzeczywiście istnieją prądy morskie płynące na Oceanie Atlantyckim od północy morza północnego lodowatego przez cieśninę Baffinsbay i po wschodniej stronie Grenlandyi aż z okolic Szpicbergu ku południowi[1]). Prądy te płynące z północy zdradzają wyraźne dążenia ku zachodowi, łączą się około półwyspu Labrador i płyną dalej ku południowi wzdłuż brzegów Ameryki jako jedna szeroka rzeka wśród stojących niejako brzegów otaczających ją wód. Ten prąd wody lub ta morska rzeka znana jest już od dawna żeglarzom; ona to corocznie toczy ogromne góry lodowe, tak niebezpieczne dla okrętów płynących z Europy do północnej Ameryki (w niej to zatonął Titanic). — Szerokość jej wynosi kilka mil a głębokość sięga do 200 metrów. Na każdej dokładniejszej karcie geograficznej zaznaczony jest jej stały kierunek albo raczej łożysko wykazujące wyraźnie dążenie ku zachodowi a zaginające się równolegle do zagięć stałego lądu Ameryki i pozostające stale w pewnej odległości od niego. Prąd ten płynie po powierzchni wody a w okolicach około Południowych Stanów Zjednoczonych zanurza się pod powierzchnię wody dążąc dalej ku równikowi trzymając się stale brzegów Ameryki. — Ponieważ, jak badania dalej wykazują, podobny prąd wody, pochodzący z morza południowego lodowatego

[1]) Dr. Schott, Rozdział VIII, § 26: Labradorstrom i Grönlandströmung.

płynie także wzdłuż wschodniego wybrzeża południowej Ameryki w kierunku północnym ku równikowi[1]), i to z początku na powierzchni wód później zaś w pewnej głębokości pod powierzchnią, przeto obydwa te prądy płynące ku sobie ze stron przeciwległych spotykać się muszą pod równikiem i wskutek tego zetnięcia się wstrzymać się w swym dotychczasowym biegu i wznieść się na powierzchnię wód. Odtąd znowu widzialne prądy te wracają na powierzchni morza każdy w tym kierunku zkąd przybył, t. j.: prąd północny płynie ku północy[2]) — a południowy ku południowi. Postępując dalej śladem prądu płynącego od równika ku północy spostrzegamy, że prąd ten wedle kart oceanograficznych, płynąc ku północy zatrzymuje jeszcze pewną dążność ku zachodowi, trzyma się wschodnich wybrzeży Ameryki południowej, wpływa do morza Karaibskiego — a dalej wypływając z zatoki Meksykańskiej około półwyspu Floridy odwraca się naraz od Ameryki i jako ciepły prąd (Golfstrom) rozszerzając się znacznie dąży w kierunku północno-wschodnim ku Europie, opływa Anglię, Szkocyę, a dalej płynąc przez północną część morza niemieckiego, zbliża się do półwyspu Skandynawskiego, opływa go i w końcu znika w morzu północnem lodowatem około Spitzbergu[3]). —

[1]) Dr. Schott, Rozdz. VIII, § 26, II: Falklandströmung.

[2]) Dr. Schott, Rozdz. VIII, § 26, str. 132 i str. 134.

[3]) Dr. Schott, Rozdz. VIII, § 27, str. 141. Dowodem tego są znaczne ilości drzewa i owoców roślin

Podobnie i na południowej półkuli przedstawiają karty geograficzne prąd wody płynący symetrycznie do północnego prądu lecz w odwrotnym kierunku. Prąd ten płynie od równika w kierunku południowo-wschodnim ku brzegom południowej Afryki i t. d.[1]).

Te rozmaite odmiany w ruchu i w kierunku tych prądów wymagają wyjaśnienia. Tu się też nasuwają następujące pytania:

a) dlaczego te prądy morskie wypływające z morza północnego lodowatego już to przez cieśninę Baffinsbay — a jeszcze więcej prądy wypływające po wschodniej stronie Grenlandyi nie dążą w kierunku swych południków wprost ku równikowi, lecz zwracają się ku zachodowi i złączywszy się w pobliżu lądu stałego Ameryki około Labradoru w jedno łożysko płyną wzdłuż wschodniego wybrzeża Ameryki, lecz w pewnem oddaleniu od brzegu, zdradzając przytem stale dążenie ku zachodowi?

b) dlaczego dalej prądy te płynące z początku a nawet i po złączeniu się z sobą jako widoczne po powierzchni morza zanurzają się później pod powierzchnię dążąc ku równikowi?

c) dlaczego prąd morski powracający od równika na powierzchni ku północy trzyma się stale wschodnich wybrzeży Ameryki

---

pochodzących z krajów tropikalnych, przenoszone morzem niekiedy nawet do Nowoja Zemlia.

[1]) Dr. Schott, Rozdz. VIII, § 26, II, str. 134.

południowej, dopóki niewpłynie do morza Karaibskiego i dlaczego ten sam prąd wypływając z zatoki Meksykańskiej około Floridy odpływa naraz od brzegów Ameryki i dąży w kierunku północno-wschodnim ku Europie?

Na te pytania odpowiedź jest bardzo prosta; — wszystkie te odmiany w ruchu i kierunku tych prądów są wynikiem obrotu ziemi około swej osi oraz rozmaitej ciężkości wody przy rozmaitej jej temperaturze. —

Wiadomo, że oprócz obydwóch punktów biegunowych każdy inny punkt na ziemi bierze udział w obrocie ziemi około jej osi, — a im więcej jest oddalony od bieguna na powierzchni ziemi ku równikowi, tem większe opisuje koło przy obrocie ziemi i z tem większą chyżością pędzi ku wschodowi, aby swą drogę odbyć w przeciągu 24 godzin. Z największą chyżością odbywa swą drogę na około ziemi punkt na równiku, gdyż w przeciągu 24 godzin obiega 5400 mil geograficznych t. j. na sekundę około 500 metrów. Miejsca równo oddalone od bieguna mają tę samą szybkość obrotową w kierunku z zachodu ku wschodowi; — jeżeli zaś punkt jaki na powierzchni ziemi przesuwa się ze swego miejsca ku równikowi oddalając się jednocześnie od bieguna, w takim razie dostaje się na miejsca mające większą szybkość obrotową, z którą nie może podążyć i dla tego pozostaje po za otoczeniem i pozornie przesuwa się ku zachodowi, — i to samo powtarza się stale przy każdem dalszem posuwaniu się ku

równikowi, gdyż punkt ten na swej drodze napotyka coraz to większą szybkość obrotową.

To samo dzieje się z temi prądami wody, które z okolic biegunowych wypływają ku równikowi dla zrównoważenia — jak się to wyżej powiedziało — ubytku wody wyparowanej przez gorące promienie słoneczne. Dla tego też wody wypływające z cieśniny Baffinsbay dążąc ku równikowi nie trzymają się prostego kierunku, który wskazuje południk, — lecz zbliżają się ku wschodnim wybrzeżom Ameryki. Jeszcze więcej uwydatnia się to zboczenie ku zachodowi przy wodach wypływających z okolic podbiegunowych po wschodniej stronie Grenlandyi. Powód tego zboczenia ku zachodowi staje się zrozumiałym, jeżeli uprzytomnimy sobie, że wody te w okolicach podbiegunowych, mających małą tylko szybkość obrotową, płynąc ku równikowi dostają się do miejsc mających coraz to większą szybkość obrotową — a same nie posiadając tej szybkości i niemogąc jej dość szybko nabyć niemogą też razem podążyć i pozostają poza otaczającemi je wodami i pozornie płyną ku zachodowi. Tu też przy wybrzeżach Ameryki prąd pochodzący ze wschodniej strony od Grenlandyi dogania niejako w swem dążeniu ku zachodowi ów pierwszy prąd z cieśniny Baffinsbay, tu się też na wysokości półwyspu Labrador łączą obydwa prądy i odtąd płyną jednem łożyskiem wzdłuż wybrzeża Ameryki pozostając jednakże stale w pewnej odległości od niego. — Objaw ten,

że prądy płynące dalej jednem łożyskiem mimo wyraźnego dążenia ku zachodowi nie dochodzą do samego wybrzeża Ameryki, lecz pozostają w pewnej stałej odległości od niego, tłomaczyć można chyba tem, że prądy te sięgające do wielkich głębi w głębiach tych znajdują opór o wznoszące się z dna morskiego brzegi strome, które powstrzymują ich prąd ku zachodowi i niepozwalają im dotrzeć do lądu. (Stwierdzono bowiem, że głębokość prądów tych sięga do 200 metrów; — a być może, że jest nawet większą.)

Powodem dalej tego, że prąd płynący od północy utrzymuje się zrazu długo na powierzchni wód i dopiero w okolicy Południowych Stanów Zjednoczonych znika z powierzchni i płynie[1]) pod powierzchnią ku równikowi, jest różna ciężkość gatunkowa wody przy różnej jej temperaturze. Woda bowiem mająca $+ 4^0$ Celziusza jest najcięższa. Dopóki więc prad zimny mający mniej więcej tę temperaturę a pochodzący z okolic podbiegunowych płynął przez wodę o równej temperaturze, tak długo utrzymywał się na jej powierzchni, skoro zaś wpłynął w okolice wód o wyższej temperaturze, wtedy jako gatunkowo cięższy zanurzał

---

[1]) Zrozumiałą jest rzeczą, że prąd tak potężny płynący z okolic biegunowych aż mniej więcej do $60^0$ północnej szerokości i na parę mil szeroki i parę set metrów głęboki, zanurzając się pod powierzchnią, nie może od razu stracić swej siły biegu i kierunku i przestać istnieć.

się pod powierzchnię, aby dalej dążyć ku równikowi.

Około równika pojawia się znowu na powierzchni prąd wody płynący wzdłuż wschodniego wybrzeża Ameryki południowej w kierunku północno zachodnim i wpływający do morza Karaibskiego. Wyraźna dążność tego prądu zbaczania ku zachodowi pozwala wnosić, że to ten sam prąd północny, który zanurzył się pod powierzchnię na wysokości południowych Stanów Zjednoczonych z powodu swej większej ciężkości gatunkowej a obecnie rozgrzany i dla tego lżejszy wypłynął na powierzchnię — a który mimo iż dopłynął do równika nie nabył jeszcze tej szybkości obrotowej, właściwej tamtym okolicom i wracając ku północy nie może jeszcze podążyć z otaczającą go wodą i pozornie płynie ku zachodowi. Łatwo pojąć, że prąd ten poruszając się dłuższy czas w okolicach o wielkiej szybkości obrotowej i napierany wodą o takiej szybkości nabywa w końcu tę samą szybkość i dla tego to wypływając później z zatoki Meksykańskiej około Floridy i dostając się w okolice wyższej szerokości geograficznej a mające mniejszą od niego szybkość obrotową wyprzedza otaczającą go wodę, oddala się naraz od Ameryki i dąży w kierunku północno-wschodnim ku Europie i t. d. jak to wyżej powiedziano.

Ta dążność tych dwóch prądów t. j. owego północnego płynącego od Grenlandyi ku południowi jako też owego południowego płynącego

od równika ku morzu Karaibskiemu zmierzająca stale ku zachodowi oraz opór ich stawiany nieustannie wodom w ich właściwej szybkości obrotowej nie mogą pozostawać bez skutków.

Już samo istnienie prądu na kilka mil szerokiego i znacznie po nad 200 metrów głębokiego a płynącego od północy i powstrzymującego wody pędzące siłą obrotową ziemi z zachodu ku wschodowi wywołać musi wielkie wzburzenie się wód i znaczne ich wzniesienie po nad zwykły poziom. Podobnie jak to się przedstawia, gdy się rzuci kłodę drzewa w poprzek potoku górskiego. — Jeżeli zaś się jeszcze uwzgledni, że prąd ten północny, który mimo swego wyraźnego dążenia ku zachodowi nie może zbliżyć się do stałego lądu Ameryki z powodu oporu wznoszących się od dna morskiego brzegów, posiada siłę prącą go ku zachodowi, to można pojąć, że siła ta rozłożona podług równoległoboku sił na dwie, — jednę prostopadłą do pochyłości wybrzeża, która ginie — w drugiej części równoległej do pochyłości wybrzeża uderza ku górze prąc wodę i potęguje jeszcze pierwsze wzniesienie wody wywołane jedynie oporem samego prądu. Podniesienie się to wody wzmaga się z każdą chwilą i utrzymuje się tak długo, dopóki ciężar wzniesionej wody nie przemoże tych sił, które je wywołują. Wtedy działanie prądu północnego zostaje na jakiś czas przerwane naporem opadających wód, a siła wywierana ciężarem opadających wód udziela się wodom Oceanu,

wnika w nie i wedle powyżej przyjętej zasady nie czyniąc żadnego wzburzenia na powierzchni przechodzi do przeciwległego brzegu t. j. do Europy, gdzie na wybrzeżach dopiero objawia swe działanie wywołując podobne wzburzenie i wznoszenie się wód jak to było na wybrzeżu Ameryki. — Tymczasem przy brzegach Ameryki napór prądu północnego, przerwany na jakiś czas ciężarem wzniesionych wód zaczyna na nowo działać jak poprzednio opierając się wodom pędzącym siłą obrotową ku wschodowi, wywołuje ponowne wzburzenie i wznoszenie się wód na wybrzeżu i to znowu tak długo dopóki ciężar wody siły naporu nie przemoże i t. d.

Dodać tu wypada, że prąd wody wypływający z zatoki Meksykańskiej — tak zwany Golfstrom— płynąc ku brzegom Europy i wyprzedzając wody pędzone siłą obrotową ziemi, wywiera także stałe parcie ku wybrzeżom Europy. Parcie to może samo nawet byłoby w możności wywoływać na wybrzeżach Europy pewne peryodyczne wznoszenie się wód, w połączeniu zaś z siłą pochodzącą od wybrzeży Amerykańskich przyczyniać się musi do znacznie większego wzburzenia i wznoszenia się wód przy wybrzeżach Europy. I tu znowu wznoszenie się wody wzmaga się tak długo, dopóki trwa parcie siły od brzegów Ameryki i dopóki ciężar wzniesionej wody nie przemoże tego parcia; poczem woda wzniesiona opada a opadając wywiera znowu siłę

pewną na wody oceanu, która w skutkach swych objawia się dopiero przy wybrzeżach Ameryki. Tym sposobem na północnej półkuli na Oceanie Atlantyckim wskutek istnienia tych dwóch prądów płynących wzdłuż wschodnich wybrzeży Ameryki jednego od Grenlandyi dążącego ku równikowi — a drugiego od równika dążącego do morza Karaibskiego powstaje peryodyczne wznoszenie się wód, które przez Ocean przenika do wybrzeży Europy. To wahanie się lub kołysanie się wód, objawiające się tylko na wybrzeżach, już to przez wznoszenie się wód już to przez opadanie, oto przypływ i odpływ morza. —

Te same przyczyny tego zjawiska na ziemi i takie same siły, które je wywołują, a które szczegółowo przedstawiono jako działające na północnym Oceanie atlantyckim, jako najdokładniej nam znanym, znajdujemy także i na południowej części tegoż oceanu. — Tam także płynie prąd zimny od południowego morza lodowatego ku równikowi[1]) wzdłuż wschodniego wybrzeża Ameryki południowej z początku widzialny na powierzchni a póniej zanurzający się pod powierzchnią wód, — i tam także od równika wraca prąd ciepły po powierzchni oddalający się od Ameryki a zdążający ku Afryce południowej, jak to na kartach oceanograficznych wyraźnie zaznaczono.

Również i na Oceanie spokojnym wykazują karty prąd zimny płynący wzdłuż wscho-

---

[1]) Dr. Schott, Rozdz. VIII, § 26, II, str. 134.

dnich wybrzeży Azyi, który powstał z połączenia się prądu wypływającego z zatoki Ochockiej z prądem płynącym z cieśniny Behringa[1]) — a drugi prąd ciepły zdążający na powierzchni od równika w kierunku północnowschodnim ku północnej Ameryce[2]).

Istnienie tych prądów i symetryczny ich kierunek do prądów na Oceanie Atlantyckim nie mogą także pozostawać bez skutków i pozwalają twierdzić, że i one wywołują na Oceanie spokojnym takie same wznoszenia się wód, jak to wykazano na Oceanie Atlantyckim, t. j. przypływ i odpływ.

W powyższem przedstawieniu przyczyn przypływu oraz sił, które go wywołują znajdujemy też bardzo proste wyjaśnienia wszelkich objawów, których nie było można zrozumieć ani dostatecznie uzasadnić za pomocą teoryi o przyciąganiu księżyca.

Zrozumiałą więc jest rzeczą, niepotrzebującą bliższego objaśnienia, że przypływ a zatem i odpływ mogą się pojawiać tylko na Oceanach, gdzie istnieją owe stałe prądy, — a nie na morzach otoczonych zewsząd lądem — i że na morzu śródziemnem nie ma i nie może być przypływu we właściwym tego słowa znaczeniu. —

---

[1]) Dr. Schott, Rozdz. VIII, § 26. IV, str. 138.

[2]) Dr. Schott, Rozdz. VIII, § 26, IV, str. 137. Prąd ciepły, zwany „Kuro-Shiwo" od Formozy począwszy płynie w kierunku północno-wschodnim ku Ameryce północnej.

W tem przedstawieniu przyczyn przypływu mamy odpowiedź i na to, dla czego na otwartym Oceanie nie może pojawiać się żaden bałwan przypływu, pędzący z tak nadzwyczajną szybkością przez Ocean ku zachodowi — a któryby wedle teoryi przyciągania księżyca powinien powstawać.

Również i to wynika z powyższego przedstawienia, że przypływ tylko przy wybrzeżach Oceanów występować może i to nie w kształcie olbrzymiego pagórka ograniczonego pewną szerokością geograficzną stosownie do stopnia szerokości geograficznej, nad którym znajduje się księżyc, lecz jako fala lub bałwan rozciągający się jedynie wzdłuż całych wybrzeży od północy do południa. —

Powyższe przedstawienie wyjaśnia dalej, dla czego na morzu niemieckiem wogóle pojawia się przypływ, którego z pomocą teoryi księżyca nie było można wcale wytłomaczyć, — i dla czego ten przypływ występuje tam nieraz z nadzwyczajną gwałtownością jako tak zwane Springfluten.

Dla zrozumienia tego zjawiska uprzytomnijmy sobie, że bałwan przypływu, powstający na całem zachodniem wybrzeżu Europy wnika także w otwarte wejście do kanału pomiędzy Francyą i Anglią, ztąd wpływa na morze niemieckie i tam wywołuje przypływ; — w dalszym ciągu ten sam bałwan przepływając po nad Szkocyą uderza z północy na morze niemieckie na całej jego szerokości i znowu wy-

wołuje przypływ[1]). Jeżeli te obydwa przypływy spotkają się razem, w takim razie siła jednego potęguje działanie drugiego a przypływ na morzu niemieckiem staje się nadzwyczajnym (Springfluten) i groźnym dla okrętów. Analogicznie może też i w innych okolicach powstają te nadzwyczajne przypływy, wskutek działania dwóch lub więcej fal.

Ważnem byłoby też dla sprawdzenia powyższych poglądów ścisłe obliczenie sił wywołujących przypływ, o ile by się to dało analitycznie przeprowadzić, i porównanie tych sił i ich skutków jako pochodzących z jednej strony od działania księżyca — t. j. owych tak zwanych „Fluterzeugende Kräfte“ wyrażonych przez formułkę $\frac{2}{60^3}$ jak to wyżej podano (Darwin V, str. 88) — a z drugiej strony jako pochodzących od naporu wywieranego ku zachodowi przez owe prądy płynące od biegunów ku równikowi. — Ogólnie bowiem biorąc przychodzi się do wniosku, że jeżeli siła grawitacyi księżyca, wywierana na jakikolwiek punkt na powierzchni ziemi a wyrażona przez formułę $\frac{1}{60^2}$ była nic nie znaczącą wobec siły przyciągania ziemi wywieranej na ten sam punkt, to tem mniej byłaby wstanie wywołać przypływ i wytworzyć na oceanach bałwany dochodzące przy wybrze-

---

[1]) Dr. Schott, Rozdz. VII, § 24, III

żach do kilku lub kilkunastu metrów wysokości siła „die Fluterzeugende Kraft" wyrażona przez formułkę $\frac{2}{60^3}$ a zatem 30 razy mniejsza niż poprzednia.

W końcu wypada jeszcze przypomnieć, że pozorna zgodność co do długości czasu, w jakim powtarza się dwa razy przypływ i odpływ, z długością dnia księżycowego, która zdawałaby się najwięcej przemawiać za wpływem księżyca na powstawanie przypływu, okazuje się niedokładną i nie ścisłą, jak to wynika z rezultatów badań Darwina, Rozdz. VIII, str. 146. Wobec tego nasuwa się pytanie, czy długość trwania jednego przypływu i odpływu t. j. około 12 godzin i 25 minut nie jest w sprzeczności z powyższem przedstawieniem przyczyn przypływu? — Chcąc mieć odpowiedź na to pytanie uprzytomnijmy sobie, w jaki sposób wedle powyższego przedstawienia przyczyn przypływu powstaje wogóle przypływ. Łatwo pojąć, że do nagromadzenia się i wzniesienia się wód na wybrzeżu, wywołanego parciem ku zachodowi prądów płynących od północy potrzeba dłuższego czasu. Długość tego czasu zależy od siły parcia ku zachodowi i od ciężaru wzniesionych wód. Wody te bowiem tak długo się wzdymają i podnoszą w skutek parcia, dopóki ciężar wzniesionej wody nie przemoże siły parcia, po czem nagromadzone i wzniesione wody przerwawszy siłę prądu opadają. Doświadczenie wykazuje, że czas trwania

jednego przypływu i odpływu wynosi przeszło 12 godzin. — Długość tego czasu nie uległaby prawdopodobnie znaczniejszej zmianie nawet wtedy, gdyby siła prądu płynącego od biegunów była większą lub mniejszą niż obecnie. Gdyby bowiem prąd płynący od Grenlandyi był silniejszy, wtedy napór ku zachodowi byłby większy a wznoszenie się wody na wybrzeżu nastąpiłoby w krótszym niż obecnie czasie, — za to jednakże do przemożenia i przerwania silniejszego prądu potrzebaby większego wzniesienia się wód i większej ich ilości, coby wymagało znowu dłuższego czasu. Przy słabszym prądzie byłoby to samo odwrotnie i długość peryodu przypływu pozostałaby może taka sama. —

Z całego tego przedstawienia wynika więc, że ani księżyc ani słońce siłą grawitacyi nie wywołują przypływu morza, — lecz jedynie słońce przez działanie swych promieni gorących wytwarza na ziemi takie stosunki, które wskutek obrotu ziemi około jej osi wywołują stały ruch w wodach oceanów i są przyczyną powstawania przypływu i odpływu morza. —